

ELEMENTS D'ECOLOGIA DEL PAISATGE DE MENORCA

una comparança de les comarques de Migjorn i Tramuntana

Joan Ll. Pretus¹ i Guillem Chust²

¹ Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

² Laboratoire Evolution et Diversité Biologique (CNRS/UPS), Toulouse

INTRODUCCIÓ

La declaració de Menorca com a Reserva de la Biosfera per part de la UNESCO el 1993 va representar, de més a més d'una fita commemorativa, un estímul intel·lectual dins l'àmbit de l'ecologia: tractar de desenvolupar una línia de treball que indagàs en les relacions home-naturalesa a escala territorial i en el vessant de conservació de la diversitat biològica, un dels arguments inspiradors d'aquella declaració. Requeria l'adaptació i compenetració d'objectius, tècniques i mètodes encara inèdits al territori insular, però que arreu s'anaven estructurant en forma d'una nova perspectiva emergent, que modernitzava els plantejaments d'una disciplina d'antuvi descriptiva, coneguda com ecologia del paisatge. Centrada en l'estudi de la configuració espacial dels mosaics d'hàbitats d'un territori humanitzat, aquesta disciplina pretén, avui dia, identificar els paràmetres estructurals i dinàmics del paisatge que influeixen en la biodiversitat i en els processos ecològics, cercant regularitats empíriques que en permetin una comprensió realista, i, fins i tot, derivar-ne alguns elements predictius, que donin llum a les nombroses qüestions aplicades de l'organització del territori.

En aquest treball es presenten alguns

resultats que encadenen diferents aspectes de la problemàtica plantejada. En primer lloc, aproximar-se a una descripció dels hàbitats terrestres de l'illa i al coneixement de la seva distribució i extensió. Reconèixer el paper del medi físic, representat pel relleu, el substrat o el clima, en determinar les causes d'aquesta distribució, tot i la gran influència de l'home que, com a poderós agent històric, genera un important component de soroll ambiental, en sentit estadístic. Tractar de quantificar la dinàmica a què estan sotmesos els usos del sòl, sota pressió de les demandes socioeconòmiques imperants en cada etapa de la vida insular. I, finalment, plantejar-se les repercussions d'aquesta composició i dinàmica del paisatge en la distribució i conservació de la diversitat biològica.

ECOLOGIA DEL PAISATGE

L'expressió Ecologia del Paisatge fou utilitzada per primer cop per Troll el 1939 (Turner i Gardner, 1991), a partir de les tradicions europees de la geografia regional i la ciència de la vegetació. Avui dia, dotada de noves tècniques d'adquisició d'imatges del territori –teledetecció–, d'anàlisi –sistemes d'informació geogràfica, geoestadística i modelització espacialment explícites– i de nous fonaments teòrics, l'eco-

logia del paisatge esdevé una nova disciplina molt transformada de la tradicional, especialment per la influència de l'escola americana i l'impuls de la Societat Internacional per l'Ecologia del Paisatge. Com indica Edward O. Wilson, els ecòlegs reconeixen progressivament que han d'estendre la seva ciència cap als ambients antropitzats, mentre els planificadors i dissenyadors del paisatge entenen que no poden ignorar les espècies (Forman, 1995). D'aquesta manera, la nova disciplina esdevé un pont de comunicació entre la ciència ecològica, entesa tant a nivell de poblacions com al de processos i ecosistemes, i els problemes reals i concrets de la planificació territorial (Burel i Baudry, 2002), que, amb caràcter d'urgència necessiten trobar-se i establir compromisos mutus de col·laboració.

Els paisatges humanitzats d'antic, com és el cas del territori menorquí, i les terres baixes mediterrànies en general són producte d'aquesta interrelació home-natural, i és legítim concebre'ls com a paisatges culturals, molt influïts per l'agricultura tradicional sostenible. Després de mil·lennis d'interacció entre el sistema productiu antròpic i els processos ecològics, aquests paisatges culturals sustenten avui una considerable biodiversitat.

Com assenyalen Risser *et al.* (1984), l'ecologia del paisatge se centra en grans àrees i en l'estudi dels efectes ecològics dels patrons espacials en els ecosistemes. Específicament, considera 1) el desenvolupament i la dinàmica de l'heterogeneïtat espacial, 2) les interaccions i els intercanvis dins els mosaics produïts per aquesta heterogeneïtat i la influència d'aquesta en els patrons biològics, i, 3) la gestió d'aquesta heterogeneïtat. En particular, la consideració dels patrons espacials marca una distinció amb l'ecologia tradicional que, salvant autors com Robert J. Whittaker, assumeix sovint per necessitats operatives que els sistemes són espacialment homogenis.

Els estudis duts a terme les darreres dues dècades han mostrat com el procés de canvi en els usos del sòl, des d'unitats naturals relativament homogènies fins a mosaics de retalls d'hàbitats envoltats d'una matriu transformada per l'home, produeix efectes inesperats –no lineals–

en les característiques que donen persistència a la diversitat biològica. Per un cantó, afecten la connexió dels hàbitats naturals (Bascompte i Solé, 1996; Fahrig, 2003), creant llindars d'ocupació del territori a partir dels quals el manteniment de la connectivitat es trenca sobtadament. La teoria de metapoblacions (Hanski, 1994) també s'acosta, en un esforç sense precedents, a la modelització empírica i realista de les poblacions que viuen en entorns inestables. Aquesta teoria remarca la importància de facilitar el bescanvi de poblacions entre fragments d'hàbitats que sustenten les poblacions locals, sempre amb elevat risc d'extinció.

Aquestes línies de recerca fan pensar que, als paisatges humanitzats, és tan important la xarxa d'intercanvi entre poblacions locals com la pròpia preservació integral de les poblacions. La comprensió d'aquesta nova dinàmica és encara deficitària per a la majoria de problemes de conservació del nostre territori. En particular, el grau de pèrdua de diversitat genètica per aïllament de poblacions (Loew, 2000) és un procés de pèrdua de biodiversitat infraespecífic poc conegut i que es deu al fet de menystenir la importància d'aquestes connexions que operen a nivell regional.

IMPORTÀNCIA I MÈTODES D'ESTUDI DE L'ESCALA REGIONAL

Per a un àmbit geogràfic concret, com ara el cas de Menorca, la tasca de comprendre la importància de l'estructura regional del mosaic paisatgístic, en determinar la biodiversitat d'una taca d'hàbitat local, consta de diferents etapes. En primer lloc, cal identificar aquest mosaic i determinar l'estructura territorial dels tipus d'hàbitat. En segon lloc, s'han de dissenyar programes de mostreig de biodiversitat, enfocats a establir relacions empíriques entre l'heterogeneïtat territorial i la riquesa d'espècies –a nivell de tota la comunitat biològica o d'una taxocenosi particular. Finalment i per tal de fer propostes de conservació, s'han de comprendre i modelar quantitativament els factors que determinen les expectatives que una població concreta s'estableixi en un fragment

d'hàbitat donat i serveixi, temporalment o permanentment, de node en la conservació regional de l'espècie.

La disponibilitat de sèries temporals de fotografies aèries del territori o d'imatges captades per sensors remots, que es remunten a 30 anys enrere, adoben un camp de treball prometedor, que tracta d'extraure la màxima informació possible a partir del senyal remot enregistrat. Aquest senyal, en el cas dels sensors òptics, representa la radiació emesa per la llum solar reflectida per la superfície terrestre i, per tant, és pròpia de cada coberta del sòl. Els sensors a bord dels satèl·lits empen diversos canals espectrals, multiplicant així les possibilitats discriminatòries de les diferents cobertes que hom pretén identificar. Els resultats obtinguts fins al present són en general molt bons, en particular, quan es combinen diferents estacions de l'any (Tucker *et al.*, 2000; DeFries and Belward, 2000). Les dificultats reals es donen quan hom malda per separar vegetació mixta o els seus gradients, o bé zones molt heterogènies. La vegetació mediterrània, dominada per la convergència adaptativa envers l'esclerofília, en limita particularment les possibilitats discriminatòries.

Un fet important d'aquest tipus de vegetació, a escala espacial fina, és l'alternança de formes vitals, és a dir, la presència de classes de cobertes mixtes com a resultat de transicions que representen estadis en la successió, o la fragmentació del paisatge en diversos tipus de cobertes, i amb les conseqüents fronteres (Shoshany, 2000). La possibilitat, però, que els paràmetres texturals, com ara l'alternança o reticulació de zones arbustives i de sòl nu, que tipifiquen diferents hàbitats, siguin incorporades als algorismes de discriminació, poden obrir les portes a millores substancials. Igualment, el comportament fenològic de les cobertes ajuda a discriminar tipologies d'usos del sòl radiomètricament properes, com ara els guarets i els conreus en actiu, en el cas de Menorca (Chust *et al.*, 2000).

Un dels aspectes més atractius de l'anàlisi del territori a partir d'imatges òptiques és la comparació temporal de la distribució de les cobertes del sòl, a fi d'establir una diagnosi del

procés de transformació del mosaic paisatgístic degut a les forces dominants en un territori, com ara l'abandonament del camp, la transformació en regadius, la intensificació de les pastures, els incendis o la urbanització. En aquest sentit, en el present treball es mostren els resultats de l'anàlisi d'una imatge del sensor Landsat TM, presa el 18 de juliol de 2000, i es compara amb una imatge del 14 de juliol de 1984. Aquestes dues dates comprenen una important etapa de la història recent de l'illa, amb canvis socioeconòmics que poden haver deixat la seva petjada territorial.

En el proper apartat es proposa una aproximació comparada entre la comarca de Migjorn i la de Tramuntana illenques, amb l'objectiu de remarcar els elements diferencials que, més enllà del caràcter unitari dels processos que intervenen a l'illa, ens permeten relacionar-los amb els factors físics que caracteritzen ambdues comarques i singularitzen els seus patrons de paisatge i la seva dinàmica territorial.

USOS I COBERTES DEL SÒL

Procés de classificació de les cobertes a partir d'imatges de satèl·lit

L'obtenció d'informació temàtica a partir d'imatges consisteix a categoritzar els píxels, unitats d'informació radiomètrica que representen una porció de l'espai. En el cas del sensor Landsat TM, aquestes unitats tenen 30 m de costat per a les bandes de la regió visible i d'infraroig.

El procés de classificació automàtica consisteix a establir una relació estadística entre els valors digitals dels píxels i el tipus de coberta que hom pretén identificar en una zona i data determinada. És, per tant, una forma de discretitzar qualitativament la imatge espectral per mitjà d'un algorisme estadístic conegut com Anàlisi Discriminant. El punt de partida és el treball sobre el terreny, d'on s'extrau un conjunt d'àrees de referència, dites d'entrenament, on s'han identificat les unitats més genuïnes de cada classe de coberta. Un algorisme de classificació, que pel fet d'usar la informació del

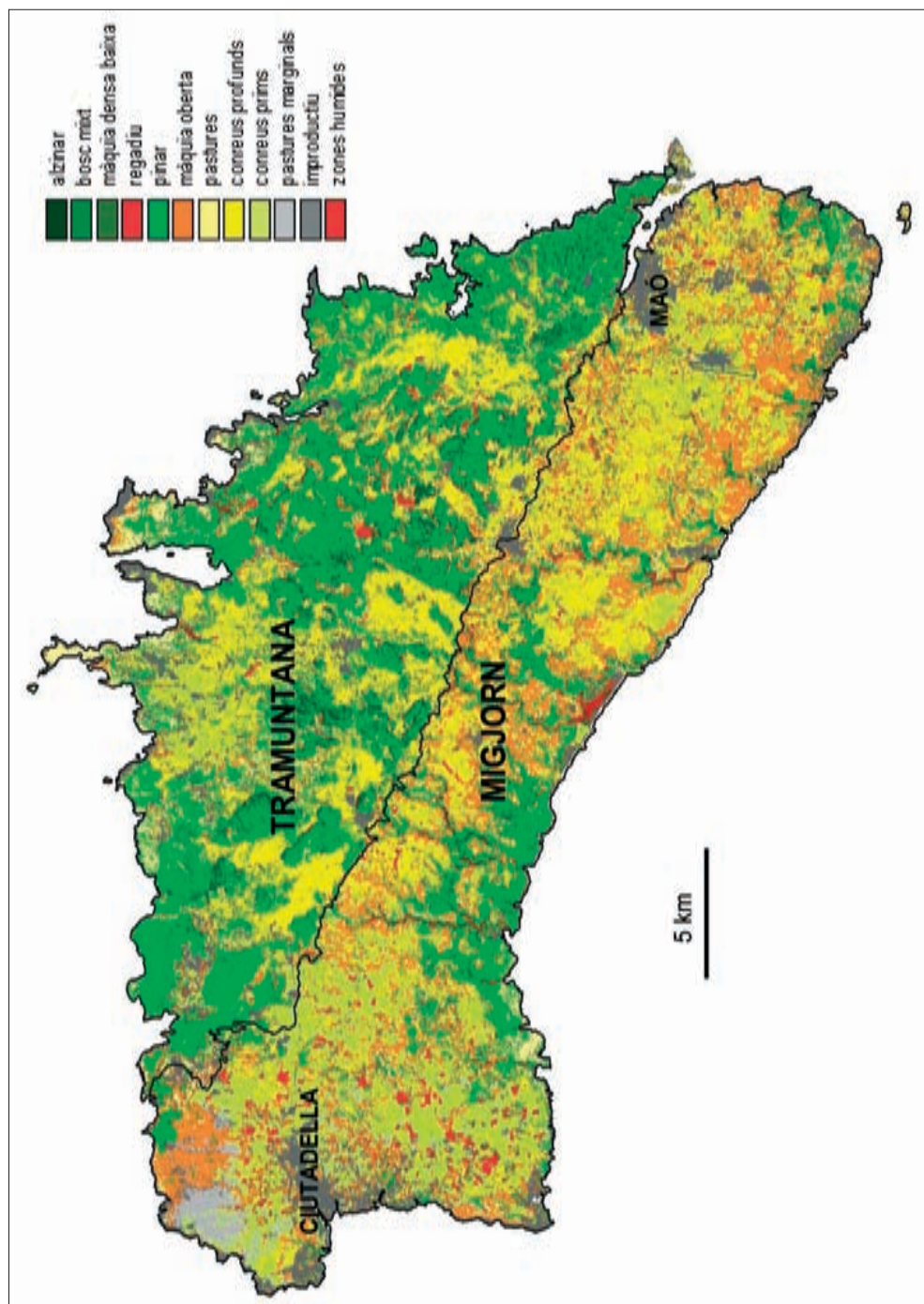


Fig. 19.1. (a) Cartografia temàtica dels usos del sòl de Menorca. A partir d'una imatge TM de 18 de juliol de 2000. S'assenyala la divisió entre les comarques de Tramuntana i Migjorn. Resolució de 30 m.

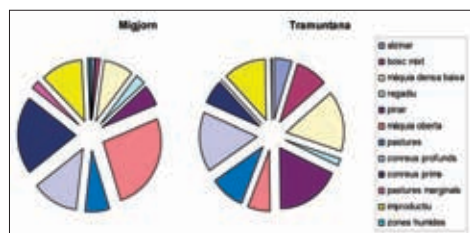


Fig. 19.1.(b) Distribució de les cobertes a cada comarca.

terreny s'anomena supervisat, n'extrapola un model per a tot el territori cobert per la imatge. Les anomenades matrius de confusió (Congalton, 1991) permeten mesurar el grau d'encert en la classificació, tant per comissió com per l'omissió d'errors. D'aquesta manera s'avaluen quins tipus de cobertes són susceptibles de ser millor discriminades pels diferents algorismes de classificació. El mètode d'extrapolació que s'ha adoptat aquí, seguint criteris basats en experiències prèvies, és l'anomenat mètode de Màxima Versemblança, el qual proporciona un mapa temàtic de les categories definides en les àrees d'entrenament.

El resultat final, que es presenta aquí, és una cartografia temàtica de les cobertes del sòl orientades a una descripció del mosaic paisatgístic de Menorca. Les classes establertes són de tipus fisiognòmic més que taxonòmic (màquies obertes, màquies baixes) i inclouen, de més a més, categories d'usos antròpics del sòl (conreus, zones irrigades) i classes que abasten diferents usos, com ara les superfícies improductives, on entren roquissars, pedreres i superfícies urbanes, o les zones humides (marjals i fons de barranc).

Descripció comparativa de les cobertes del sòl

El producte temàtic resultant de l'estudi de Menorca és una cartografia amb 12 classes de cobertes del sòl. La seva distribució entre Migjorn i Tramuntana és ben diferent (Fig. 19.1), prova dels importants condicionants que el substrat físic ha imposat als usos del sòl. L'àrea de Migjorn comprèn 373 km² de superfície i 238 km de perímetre, a la resolució espa-

cial de 30 m indicada i comptant la línia divisòria que separa les dues comarques pel mig de l'illa. La comarca de Tramuntana és més petita en extensió, 322 km², però té un perímetre més desenvolupat, de 266 km. Les cobertes dominants al Migjorn són les màquies obertes (25%), seguides dels conreus en sòls prims (21%), conjunt que dona la fisonomia característica d'aquesta àrea. A Tramuntana hi ha una repartició més equitativa, amb una quasi equidominància de pinedes (18%), màquies baixes denses (16%) i cultius en sòls profunds (16%), aquests darrers distribuïts bàsicament entorn de 4 regions: es pla Verd, es plans d'Alaior, es pla de Favàritx i es Martinells, al nord d'Es Mercadal. Agrupant en categories naturals més àmplies (Taula 1), la comarca de Tramuntana gaudeix d'una elevada proporció de vegetació forestal i arbustiva (47.8%), formacions que són francament minoritàries a Migjorn, on domina l'alternança de conreus, màquies obertes i pastures.

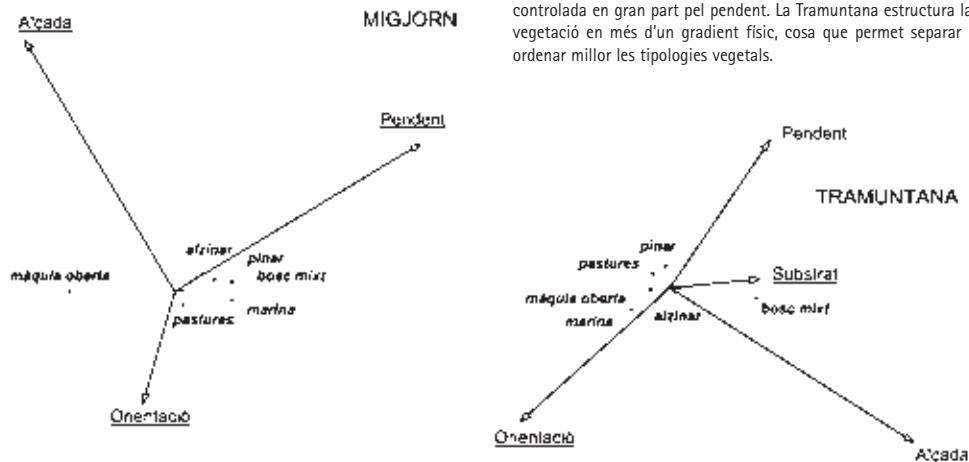
	Migjorn	Tramuntana
bosc i màquia densa	16.7	47.8
màquia oberta i pastures	32.4	15.7
conreus	36.1	24.3
pastures marginals	2.2	0.1
roquissars i urbà	12.2	11.9
zones humides	0.5	0.3

Taula 19.1. Percentatge de la superfície del territori coberta per a cada una de les tipologies d'ús de la Fig.1, agrupades en unitats naturals més àmplies.

EL PAPER DEL RELLEU

La distribució actual de cobertes del sòl és un resultat que té un fort component històric. L'estudi de les relacions entre cobertes i aspectes físics del terreny té, d'entrada, unes limitacions evidents a l'hora d'establir una causalitat. Per exemple, les fronteres actuals que separen les classes d'hàbitat en certs casos es deuen a l'avenç o retrocés de fronteres preexistents (avenç agrícola per roturació del bosc limítrof, per exemple). Aquesta autodependència o autocorrelació dels processos espacials, els fan difícils d'abordar estadísticament. En tot cas són

Fig. 19.2. Gradients físics que permeten ordenar la distribució dels tipus de vegetació natural, a Migjorn i Tramuntana. Les fletxes clares i subratllat indiquen la importància del factor que determina el gradient. Les fletxes fosques indiquen la posició de cada tipus de vegetació en relació als gradients.



susceptibles d'una exploració descriptiva i comparativa, encara que no predictiva, sigui quin sigui el pes dels factors històrics. En aquest sentit, s'ha fet una anàlisi estadística exploratòria dels trets principals que relacionen la distribució de la vegetació natural i els elements del substrat i topogràfics bàsics del territori, a fi d'obtenir uns patrons molt generals diferenciadors de les comarques de Migjorn i Tramuntana.

L'anàlisi duta a terme és una ordenació de la presència/absència d'una coberta natural en relació als paràmetres d'orientació, pendent i alçada de la parcel·la on s'ubica, com també del caràcter permeable o impermeable del substrat litològic, en el cas de Tramuntana. L'anàlisi s'ha fet conjuntament per a totes les cobertes de vegetació, és a dir, l'estudi de la relació de dependència dels tipus de vegetació respecte als condicionants topogràfics, seguint un model lineal de regressió multivariant conegut com anàlisi de redundàncies (Legendre i Legendre, 1998). Per a dur a terme l'anàlisi s'ha mostregat tant la imatge classificada com les capes topogràfiques derivades del model d'elevació digital. El mostreig ha consistit en generar 10000 mostres aleatòries estratificades per a tot el territori de les quals s'han escollit les que cobrien àrees de vegetació natural, amb el

resultat de 1089 punts independents a Migjorn i 1122 a Tramuntana.

Als gràfics obtinguts (Fig. 19.2) s'observen els eixos principals d'ordenació dels tipus de vegetació al llarg de gradients ambientals, definits aquí per les variables físiques esmentades, de manera que es poden interpretar els principals trets diferencials entre Migjorn i Tramuntana. Així, a Migjorn les tipologies de vegetació de caire forestal (alzinar, pinar, bosc mixt) estan estretament vinculades entre sí i relacionades amb el pendent: és segurament als pendents moderats i mitjans, ubicats entre la plataforma agrícola i els barrancs, on aquesta vegetació subsisteix, i on actualment, també, es regenera amb la supressió de la llaurada i l'abandonament progressiu del conreu.

A Tramuntana, l'efecte del pendent és menor i la distribució dels diferents tipus de masses forestals està segregada per gradients de condicions relacionats amb l'alçada topogràfica i la permeabilitat del substrat. D'aquesta manera, els boscs mixts d'alzina i pi, i els alzinars s'ubiquen a cotes superiors i en terrenys més permeables que els pinars. La important concentració de boscs mixts damunt els substrats dolomítics del Juràssic, en pot ser un factor de pes a l'hora d'explicar aquesta segregació.

Les formacions naturals no forestals, com les marines o màquies tancades denses, com també les màquies obertes, es distingeixen bé a Migjorn per un gradient on intervenen el pendent i l'alçada, de manera que les màquies obertes ocupen terrenys més alts i sense pendent, i les marines denses acompanyen les formacions forestals amb la seva prevalença sobre terrenys amb pendent. A Tramuntana, aquesta discriminació no és palesa i ambdós tipus de cobertes arbustives prevalen sobre terrenys impermeables de pendent baix i assolellats. Pel que fa a les pastures, que engloben guarets i altres cobertes poc arbustives dominades per l'estrat herbaci, les trobem sobre terrenys de poca alçada sobre el nivell del mar, tant a Migjorn com a Tramuntana.

En conjunt, els diagrames d'ordenació permeten concloure que a Tramuntana els factors ambientals condicionen més la vegetació natural actual i, per aquest fet, els gradients físics considerats delimiten i permeten entendre millor la distribució dels diferents tipus. Altrament, a Migjorn, la distribució dels tipus de vegetació no permet ser entesa tant pels condicionants físics com pel grau d'arraconament a què s'ha vist sotmesa la vegetació natural a les zones amb pendent; en canvi, aquí, els terrenys de poc relleu aprofitats per l'home han quedat transformats en màquies obertes. Queden definits així dos pols d'un gradient en què els processos històrics d'ús del sòl han estat més intensos i determinants en la distribució del paisatge vegetal actual de Migjorn.

CANVIS EN LES COBERTES DEL SÒL ENTRE 1984 I 2000

En treballs previs (Chust *et al.*, 1999) s'han analitzat les tendències de canvi de les cobertes principals del sòl a Menorca entre 1984 i 1992. Es tracta d'un estudi prospectiu de les possibilitats derivades de la resolució espacial i espectral del sensor TM en relació a les característiques i detecció dels processos de canvi temporal que es donen a Menorca.

L'interès del tema radica en que els canvis detectats es poden modelitzar en termes d'una

matriu de transició, amb probabilitats definides a partir de les freqüències relatives dels canvis observats. D'aquesta manera es poden obtenir projeccions futures i descriure els estats estacionaris de les proporcions de cada coberta que resultarien si es mantinguessin les probabilitats de canvi actuals. De fet, però, el càlcul de les probabilitats de transició no és senzill, ja que depenen també del context espacial (Turner, 1987) i la matriu de transició consistiria realment en una estima de la probabilitat condicionada per les cobertes veïnes (Chust *et al.*, 1998). Efectivament, en la majoria dels casos, una coberta donada pot ser envaïda i transformada per la coberta adjacent.

A mitjan camí en la pretensió de construir una matriu de transicions per a Menorca, amb probabilitats de canvi *a priori* més realistes, és possible regionalitzar les transicions, construint matrius de canvis d'usos per a subunitats geogràfiques que agrupin les àrees amb tendències o "vocacions" de canvi més homogènies, singulars i diferenciadores de la resta del territori. Així, Pretus i Chust (1998) van estimar matrius de canvis entre 1984 i 1992 per a cada una de les capes que representaven períodes geològics de Menorca, agrupant-ne posteriorment les matrius més similars, és a dir, amb valors més semblants en la distribució de probabilitats de canvi, comparades d'una en una. Com a resultat, s'establiren quatre unitats paisatgístiques majors: (1) un conjunt que agrupa materials sedimentaris paleozoics i al·luvionars quaternaris; (2) els afloraments cristal·lins intercalats en la sèrie paleozoica i els materials arenosos quaternaris, dunes i platges; (3) el conjunt de materials de la sèrie permotriàsica, i (4) els materials del Juràssic i del Miocè. D'aquestes, la unitat 2 es mostra com la més inestable, amb baixes probabilitats que les cobertes del sòl conservin el seu caràcter. Les unitats 1 i 4 tenen un règim de transicions mútuament diferenciat –una aparent major dificultat de regeneració del bosc a la unitat 1, però no en la 4, per exemple–, però, en conjunt, una estabilitat moderada envers els canvis d'usos. I la unitat 3 és la que gaudeix de major estabilitat, més resistència a canviar de categoria d'ús. Aquesta unitat bàsicament conté els

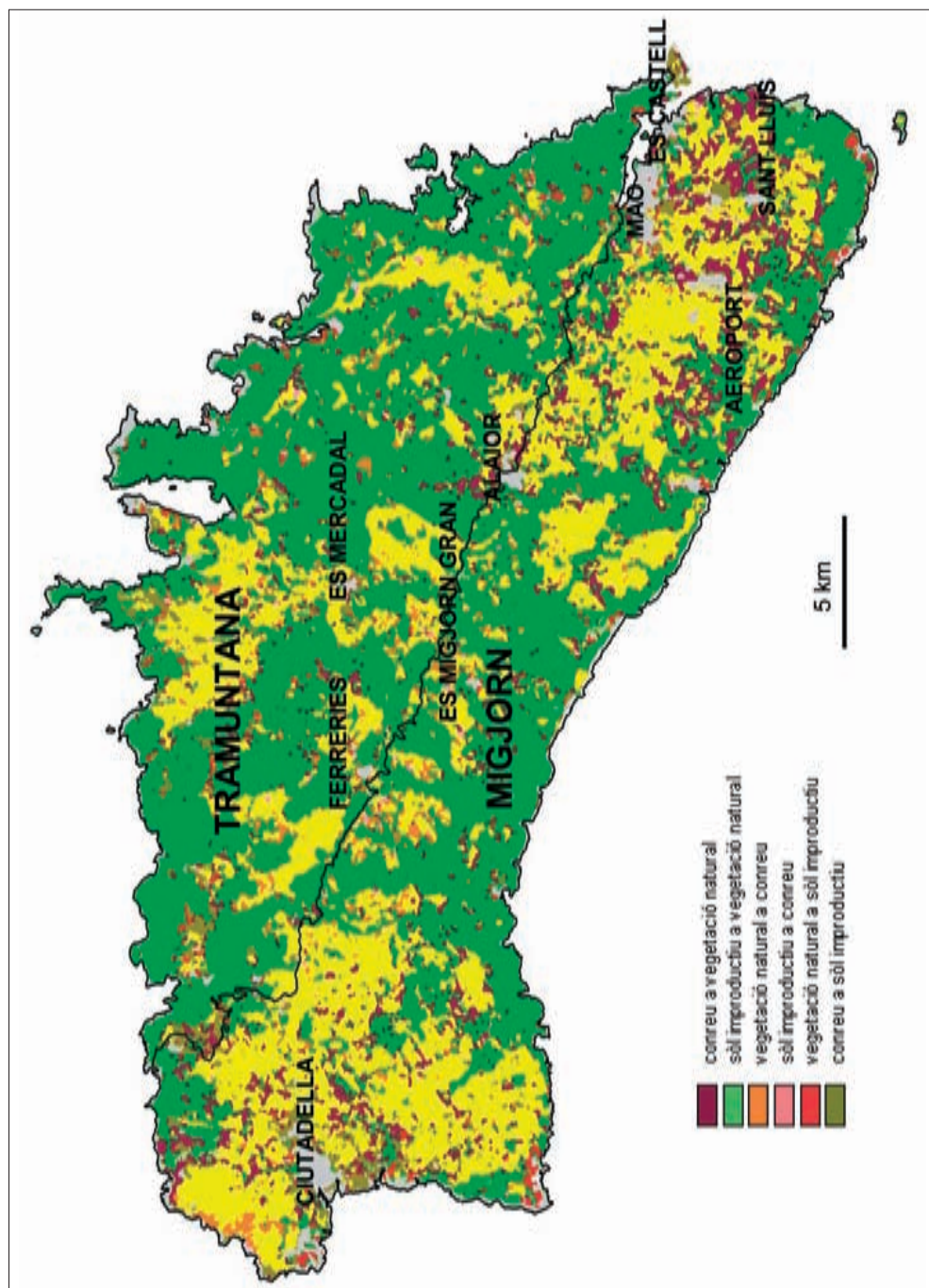


Fig. 19.3. Canvis en les cobertes del sòl entre 1984 i 2000 a Menorca. A partir de tres tipologies bàsiques: vegetació natural, conreu i sòl improductiu. S'ha aplicat un filtre modal de 5 x 5 píxels per tal d'eliminar el soroll i remarcar les principals tendències. Resolució de 150 m.

paisatges agroforestals ubicats damunt els gresos vermells. Aquests foren considerats els més ben conservats (Pretus i Chust, 1998), en relació a la major maduresa ecològica que havia de suposar el fet de mantenir-se més semblants a si mateixos al llarg del temps.

A la pràctica, la identificació de canvis en els usos del sòl, sense propòsits de modelització, és per si mateix un objectiu d'interès, com l'anàlisi d'un interval de setze anys que es mostra aquí, a base de comparar les classificacions de les cobertes del sòl sobre dues imatges TM de juliol de 1984 i de 2000. Per tal de minimitzar fonts d'errors provinents de comparacions píxel a píxel inexactes, degudes als errors de correspondència geogràfica entre imatges, o dels criteris de classificació utilitzats per a cada imatge, s'ha procedit a una fusió de la llegenda inicial de 12 classes, fins a obtenir-ne una amb només tres grans tipus de cobertes: (1) vegetació natural i pastures, (2) conreus en

actiu i (3) sòl improductiu (zones urbanes, roquissars).

Una vegada elaborats els mapes temàtics en tres grans tipus de cobertes per a 1984 i 2000, es procedeix al seu creuament i a la detecció d'àrees que han canviat d'ús. Posteriorment, per a cadascuna de les sis transicions possibles d'un ús a un altre, s'ha realitzat un estudi de les classes inicials de major resolució temàtica que hi són involucrades, per tal de caracteritzar el tipus de transició subjacent.

La Fig. 19.3 mostra la distribució dels canvis entre les dues dates esmentades. El balanç global fa que la superfície de vegetació classificada com a natural hagi augmentat un 8%, però aquest valor no és equitatiu si es desglossa per comarques, ja que la de Migjorn experimenta molt més augment (17%) que la de Tramuntana (0.8%). Aquesta diferència geogràfica s'acompanya d'una disminució en la superfície dels conreus: una disminució global del

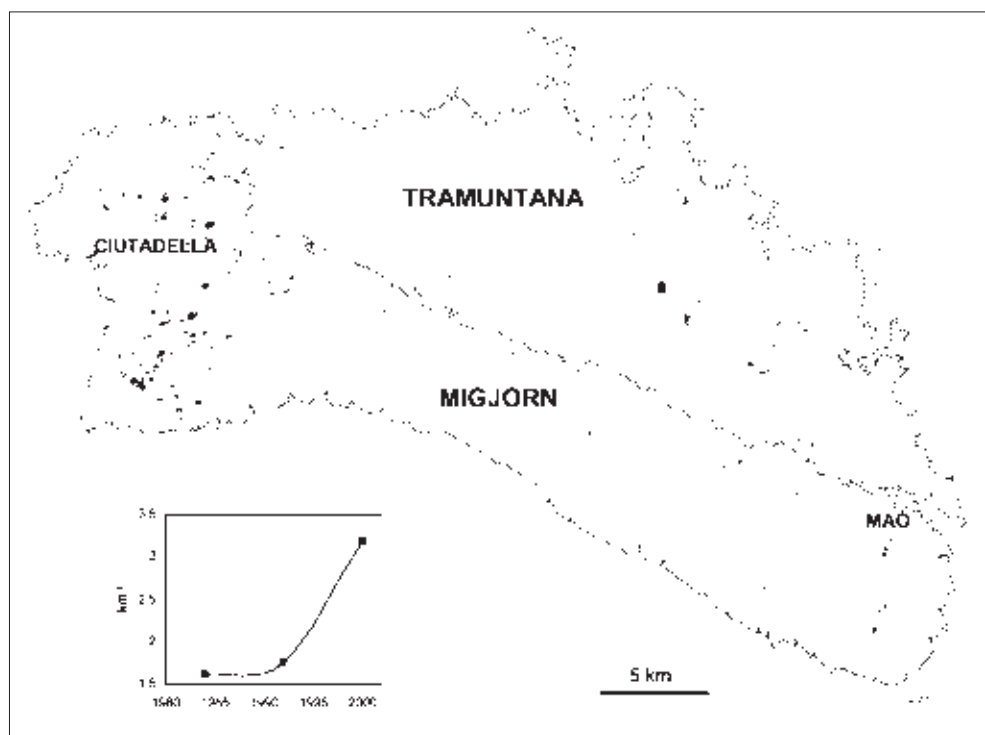


Fig. 19.4. Distribució dels regadius a Menorca (juliol de 2000) i estima de la superfície total irrigada el mesos de juliol de 1984, 1992 i 2000.

17% a tota l'illa, repartida entre un 13% a Tramuntana i un 20% a Migjorn. La superfície improductiva illenca ha augmentat entorn d'un 40-50%. Hi ha més incertesa en aquesta darre-
ra estima, a causa de les confusions en la clas-
sificació d'àrees amb usos marginals a l'interior
de l'illa. Tot i això, els canvis més evidents es
deuen sobretot a l'augment de superfície urba-
na perifèrica, inclosos els polígons industrials,
i a la construcció de vials i superfície urbanit-
zada a la costa.

La dinàmica d'usos del sòl que s'observa a l'illa té com a principals agents causals l'abandonament del camp, la intensificació dels regadius i la urbanització. Pel que fa a l'abandonament del camp, no està repartit arreu per igual. Sectors agrícoles pròxims a l'àrea Maó-Sant Lluís-Es Castell i alguns entorn de Ciutadella han estat més actius en el procés de transformació dels conreus en màquies obertes, sobre-
tot en superfícies d'ullastrar baix, que ràpida-
ment colonitza els camps que ja no són llau-
rats. Per altra banda, el procés invers de ro-
turació de noves àrees és molt més imprecís, i
possiblement es confon amb la simple rotació
de camps en guaret.

La superfície de regadius, que són de fàcil classificació per la signatura espectral que els caracteritza, permet una avaluació un poc més segura de com ha anat estenent-se pel territori

illenc, i en especial el migjornenc, que és el que ha sofert un procés de canvi més estès, principalment a la zona agrícola de Ciutadella. A la Fig. 19.4 es mostra la superfície irrigada estimada en tres períodes de temps, donat que, a les imatges ja comentades de 1984 i 2000, s'hi ha afegit l'anàlisi d'una imatge de juliol de 1992. Les dades permeten adonar-se que la superfície irrigada ha crescut de manera exponencial en aquest període.

PERSPECTIVES EN ECOLOGIA DE LA CONSERVACIÓ DE PAISATGES CULTURALS

La comprensió de l'estructura del paisatge de Menorca, dels factors físics i topogràfics que determinen part dels patrons de fragmentació dels seus hàbitats naturals, com també l'avaluació dels canvis en els usos del sòl, determinats pels condicionants socioeconòmics, constitueixen les bases per a la conservació de la biodiversitat a escala territorial. Com ja hem referit a la introducció, cal un esforç tant analític com de síntesi entre les disciplines d'anàlisi territorial i de l'ecologia que permeti abordar amb prou base empírica les complexes interrelacions que determinen la riquesa biològica dels paisatges culturals, constituïts per fragments d'hàbitats naturals i antròpics.

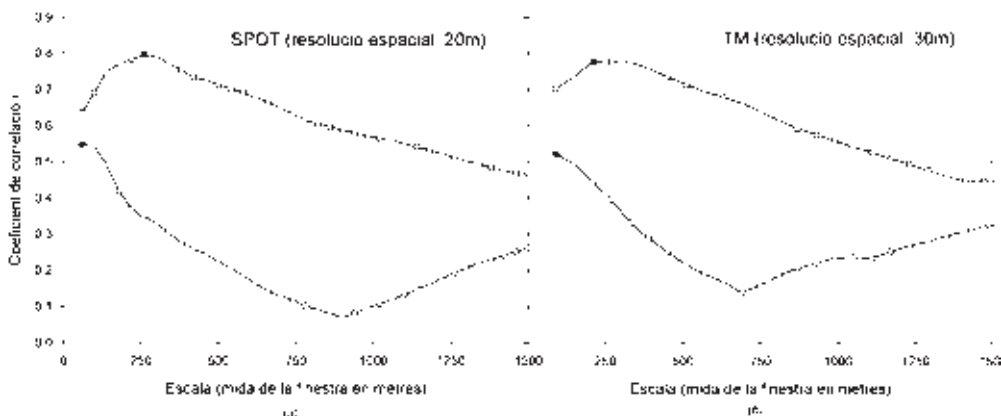


Fig. 19.5. Valors del coeficient de correlació lineal entre la riquesa d'espècies i l'estructura del mosaic d'hàbitats per a dos grups d'artròpodes, per a diferents escales espacials, testats independentment a partir de la informació extreta de dos sensors òptics (Spot i TM). En cercles, espècies de dípters; en rectangles, espècies d'homòpters. En símbols plens s'assenyala l'escala més significativa de màxima resposta. Modificat a partir de Chust *et al.* (2003a)

Dins d'aquest context, un dels problemes més rellevants és el de l'escala espacial. La mobilitat individual de cada espècie, la durada i el tipus de cicle vital, i les dependències interespecífiques, condicionen l'escala espacial que utilitzen els individus d'una espècie. És d'esperar, per tant, que els grups d'organismes amb una ecologia semblant responguin a escales definides i diferents de les d'altres grups (Fig. 19.5). Per exemple, en una anàlisi de taxocenosis d'insectes en diferents tipus de mosaics, hem constatat altres respostes, en intensitat i en amplitud, respecte a l'escala, en quant a la composició de les espècies de diferents grups funcionals (Chust *et al.*, 2003a, en premsa). En particular, les espècies de dípters amb larves depredadores mostren respostes més intenses i nítides a escales majors que les espècies de dípters fitòfagues i sapròfagues. És a dir, els dípters depredadors són sensibles a paràmetres de composició i estructura del mosaic d'hàbitats per a àrees més grans (uns pocs centenars de metres de costat). En canvi, les espècies no depredadores responen a escales molt més petites: la seva composició i, de retruc, la riquesa d'espècies, depenen d'allò que s'esdevé en un radi de poques desenes de metres entorn de l'àrea mostrejada.

En certa manera aquests i d'altres estudis van revelant com les unitats de percepció paisatgística a escala humana no són necessàriament les més adequades per a entendre la distribució de la biodiversitat als hàbitats locals. El concepte convencional de paisatge, tal com s'entén a vista d'ocell, no sempre és el més idoni. Cada grup taxonòmic percep a la seva manera l'estructura de taques homogènies separades per fronteres d'altres unitats, i això s'esdevé tant a escales com a nivells de percepció diferenciats (Fig.19.6). Establir empíricament aquestes escales òptimes de resposta permet també afrontar el problema pràctic d'elaborar mapes de cartografia potencial de les espècies a partir de funcions de calibració apropiades (Fig. 19.7) (Chust *et al.*, 2003b).

Les conclusions d'aquesta línia de recerca van en el sentit de remarcar la importància

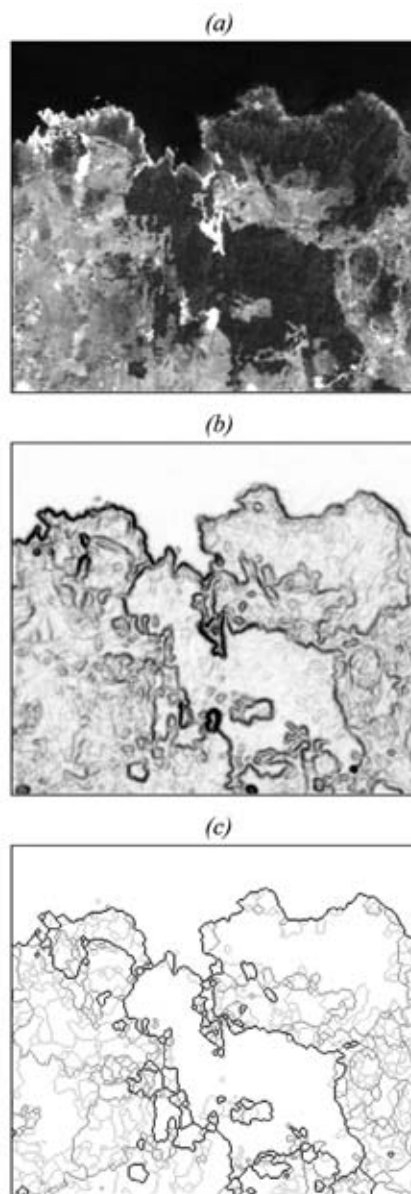


Fig.19.6. Etapes en la segmentació d'una imatge per tal de detectar diferents categories de fronteres que separen tipus d'hàbitat. (a) detall de la zona limitrof entre els materials de Migjorn i Tramuntana a la zona de la Vall-cala Morell (banda 2, verda de TM). (b) Mapa d'intensitat de fronteres; la intensitat del to és proporcional al grau de contrast radiomètric entre àrees veïnes, és a dir, separen cobertes més diferenciades. (c) Imatge segmentada i selecció de tres nivells de més a menys contrast (gris a negre); el grau d'heterogeneïtat del mosaic d'hàbitats queda palès per la densitat de fronteres de diferent contrast.

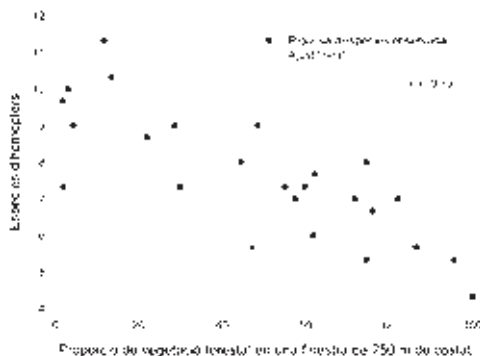


Fig. 19.7. Valor predictiu de la riquesa d'espècies d'insectes homòpters derivat d'un indicador paisatgístic (proporció d'àrea forestal) a l'escala de màxima resposta (250 m). A partir d'una imatge SPOT. Modificat a partir de Chust et al. (2003a).

de reconèixer que els hàbitats d'un determinat territori s'estructuren, per raons físiques i històriques, al llarg d'una franja d'escala espacial. En una finestra més o menys definida d'aquest rang d'escala, és on els grups d'organismes responen, pel que fa a la seva composició específica i, en part, a la seva distribució d'abundàncies. Com a conseqüència, hi ha una determinada biodiversitat de cada grup taxonòmic-funcional d'organismes, de cada gremi ecològic. La riquesa d'espècies que hom amida fent inventaris és conseqüència d'aquest entramat en què les diferents escales, en síntesi, contribueixen a la sostenibilitat de la biodiversitat regional. La recerca ecològica hauria, doncs, d'identificar les escales més rellevants, per tal d'assegurar que les propostes de gestió i protecció de l'estructura d'hàbitats d'un territori, de la qual depèn la biodiversitat, siguin ajustades i eficaces en relació a allò que pretenen preservar.

Agraïments

Volem dedicar aquest treball a Guillem Orfila, inspirador del projecte Reserva de la Biosfera de Menorca. Els autors s'han beneficiat de la lectura i comentaris sobre el manuscrit original fets per Joan J. Fornós, Biel Obrador i Agnès Canals.

BIBLIOGRAFIA

- BASCOMPTE, J. i SOLÉ, R.V. 1996. Habitat fragmentation and extinction thresholds in spatially explicit models. *Journal of Animal Ecology*, 65: 465-473.
- BUREL, F. i BAUDRY, J. 2002. *Ecologia del Paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 347 pp.
- CHUST, G., DUCROT, D. i PRETUS, J.L. 1998. Spatio-temporal analysis for characterizing the landscape of the Biosphere Reserve of Menorca (Spain) using remote sensing data. *Proceedings of the EUROPTO Conference on Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology*. Barcelona. SPIE 3499: 214-223.
- CHUST, G., DUCROT, D., RIERA, J.L. i PRETUS, J.L. 1999. Characterizing human-modelled landscapes at a stationary state: a case study of Minorca, Spain. *Environmental Conservation*, 26(4): 322-331.
- CHUST, G., DUCROT, D., BRUNIQUEL, J. i PRETUS, J.L. 2000. Capabilities of ERS sensor for Mediterranean vegetation detection using multi-temporal data. *Proceedings of the EUROPTO Conference on SAR Image Analysis, Modelling and Techniques*. Barcelona. SPIE 4173:1-12.
- CHUST, G., PRETUS, J.L., DUCROT, D. i VENTURA, D. 2003a. Scale dependency of insect assemblages in response to landscape pattern. *Landscape Ecology* (en premsa).
- CHUST, G., PRETUS, J.L., DUCROT, D., BEDÓS, A. i DEHARVENG, L. 2003b. Response of soil fauna to landscape heterogeneity: determining optimal scales for biodiversity modeling. *Conservation Biology*, 17(6): 1712-1723.
- CONGALTON, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37: 35-46.
- DEFRIES, R.S. i BELWARD, A.S. 2000. Global and regional cover characterization from satellite data: an introduction to the Special Issue. *International Journal of Remote Sensing* 21: 1083-1092.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on Biodiversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 34: 487-515.
- FORMAN, R.T.T. 1995. *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press. Cambridge. 632 pp.
- HANSKI, I. 1994. Patch-occupancy dynamics in fragmented landscapes. *Trends in Ecology and evolution*, 9: 131-135.
- LEGENDRE, P. i LEGENDRE, L. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier. Amsterdam. 853 pp.
- LOEW, S.S. 2000. Role of Genetics in Conservation Biology. In: Ferson, S. i Burkman, M. (eds.). *Quantitative methods for conservation biology*: 226-258. Springer-Verlag. New York.
- PRETUS, J.L. i CHUST, G. 1998. The assessment of the spatial heterogeneity of land cover changes using a loglinear model, in a small and geologically heterogeneous island. *Proceedings of the GCTE-LUCC Open Science Conference on Global Change for Agriculture, Ecosystems and Hydrology*. Barcelona.
- RISSER, P.G., KARR, J.R. i FORMAN, R.T.T. 1984. *Landscape Ecology: Directions and Approaches*. Special Publications, 2. Illinois Natural History Survey. Champaign.
- SHOSHANY, M. 2000. Satellite remote sensing of natural Mediterranean vegetation: a review within an ecological context. *Progress in Physical Geography*, 24(2):153-178.
- TUCKER, C.J., GAITLIN, J.A. i SCHNEIDER, S. R. 2000. Monitoring vegetation in the Nile Delta with NOAA-6 and NOAA-7 AVHRR imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 50: 53-61.
- TURNER, M.G. 1987. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of 3 transition models. *Landscape Ecology*, 1: 29-36.
- TURNER, M.G. i GARDNER, R.H. 1991. Quantitative methods in landscape ecology: an introduction. In: Turner, M.G. i Gardner, R.H. (eds.). *Quantitative Methods in Landscape Ecology*: 3-14. Springer-Verlag. New York.